

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญาตรี

เรื่อง



การศึกษาถึงความเหมาะสมในการนำน้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว
เพื่อใช้ในการเกษตรกรรม

The Study of the Suitability of Industrially
Treated-Water Quality for Agriculture



T099575

โดย

นางสาวธนิดา วิรามพิชญ์สกุล

ป.ศ.
ศ. ๒๕๓๓
๑๕๑๕

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 99575

วัน,เดือน,ปี..... 16 JUN 2009

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เพื่อความสมบูรณ์แห่งวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาประมงวิทยา

เรื่อง



การศึกษาถึงความเหมาะสมในการนำน้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว
เพื่อใช้ในการเกษตรกรรม

The Study of the Suitability of Industrially
Treated-Water Quality for Agriculture

โดย

นางสาวธนิดา วิรามทิพย์สกุล

(ดร. เทียนชัย สุวรรณเวช) อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. ดร. สมิตรา กูว์โรตม)

หัวหน้าภาควิชาประมงวิทยา

วันที่.....เดือน.....ปี.....

๑๒๗.

๕๒๖๓๗

๒๕๕๕.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ดร.เทียนชัย สุวรรณเวช อาจารย์ภาควิชาปรัชญา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำงานปัญหาพิเศษเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณ รศ.ดร.สมิตรา ภู่วโรดม ผศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ อาจารย์อนันต์ วิสัยเกษม และอาจารย์อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ เพื่อนำมาใช้ในปัญหาพิเศษนี้

ขอขอบคุณ คุณณรงค์ บุญแปลง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการปรัชญา ที่ให้ความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ รวมทั้งเจ้าหน้าที่โรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำ ส่วนกลาง เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยอ้อยและน้ำตาล และเจ้าหน้าที่โรงงานน้ำตาลไทยรุ่งเรืองอุตสาหกรรม ที่ให้ความสะดวกในการเก็บตัวอย่างในการวิเคราะห์และข้อมูลในการอ้างอิง

ขอขอบคุณ คุณสุทธิชัย รัตนะภูรี และครอบครัวรัตนะภูรีทุกท่าน และขอขอบคุณ คุณไพรัตน์ คัญพุ่ม, คุณวันทนา มงคลวิสุทธิ, คุณอรอุมา วิทยานุล, คุณลำราญ ช่างน้อย เพื่อนๆ ภาควิชาปรัชญา ที่ได้คอยให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ทุกๆ ท่าน

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในการศึกษามาโดยตลอด และมีส่วนผลักดันให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ธนิดา วิจารณ์พิสัยกุล

เมษายน 2536

สารบัญ

	หน้า
สารบัญภาพ	i
สารบัญตาราง	ii
บทคัดย่อ	iv
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	18
ผลการทดลองและวิจารณ์	22
สรุปผล	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงค่า pH ของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลา ปรับปรุงน้ำเสียแต่ละเดือน	24
รูปที่ 2 แสดงค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C.) ของดิน ในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาปรับปรุงน้ำเสียแต่ละเดือน	27
รูปที่ 3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์วัตถุ (OM) ของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาปรับปรุงน้ำเสียแต่ละเดือน	30
รูปที่ 4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาปรับปรุงน้ำเสียแต่ละเดือน	33
รูปที่ 5 แสดงค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) ของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาปรับปรุงน้ำเสียแต่ละเดือน	36

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงมาตรฐานบางอย่างสำหรับน้ำที่จะใช้ในแหล่งชุมชน กับแหล่งอุตสาหกรรม	5
ตารางที่ 2 ตัวอย่างของสารมลพิษในน้ำ	8
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย ที่ใช้และไม่ใช้ O_2	12
ตารางที่ 4 มาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม	14
ตารางที่ 5 ตัวอย่างสิ่งที่ควรตรวจวิเคราะห์หาปริมาณในน้ำทิ้งจากแหล่ง ชุมชนและอุตสาหกรรมบางชนิด	15
ตารางที่ 6 ตัวอย่างของสิ่งสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในน้ำทิ้งของ โรงงานอุตสาหกรรม ที่สำรวจ โดยกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข	16
ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย pH ของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาต่างกัน	23
ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของ cation exchange capacity ของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาต่างกัน	26
ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของ organic matter ของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาต่างกัน	29
ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยของ เปอร์เซนต์ Nitrogen ของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาต่างกัน	32
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยของ avialable phosphorus ของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ	35
ตารางที่ 12 ค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH ของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาต่างกัน	44
ตารางที่ 13 ค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า cation exchange capacity ของดิน ในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาต่างกัน	45
ตารางที่ 14 ค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า organic matter ของดิน ในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาต่างๆ กัน	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 15 ค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า เปอร์เซ็นต์ Nitrogen ของดิน ในบ่อน้ำต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ กัน	47
ตารางที่ 16 ค่าวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า available phosphorus ของดิน ในบ่อน้ำต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ กัน	48



บทคัดย่อ

การทดลองนี้เป็นการศึกษาน้ำเสียที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำตาลทราย โดยได้รับการบำบัดโดยโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำส่วนกลาง ซึ่งควบคุมโดยกระทรวงอุตสาหกรรม โดยวิธีการบำบัดน้ำเสียในบ่อกลางแจ้ง ให้น้ำไหลไปในบ่อแต่ละบ่อแบบ mass flow ทำให้เกิดการตกตะกอนของพวกอินทรีย์วัตถุและอนินทรีย์วัตถุที่อยู่ในน้ำเสียจากโรงงานดังกล่าว โดยใช้เวลาในการบำบัดนานประมาณ 4 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคมจนถึงเดือนมีนาคม วัตถุประสงค์ของการทดลองเพื่อจะได้ทราบว่าน้ำเสียที่ได้รับการบำบัดแล้วเหมาะสมสำหรับการเกษตรหรือไม่ มีความแตกต่างจากน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมากน้อยเพียงใด ถ้าปล่อยลงสู่ดินแล้วจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภายในดินอย่างไรบ้าง โดยการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกศึกษาดินได้บ่อน้ำที่ 1, 3, 5, 7 และศึกษาดินบริเวณที่ได้น้ำจากบ่อบำบัดน้ำเสียครั้งแรก และดินบริเวณบ่อน้ำธรรมชาติ เพื่อศึกษาถึงความแตกต่างของคุณสมบัติของดิน pH ของดิน, CEC, OM, %N และค่า available P โดยใช้วิธีการทดลองแบบ Split plot Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ กำหนดให้แต่ละเดือนเป็น main plot และบ่อน้ำที่เลือกมาศึกษาเป็น sub plot

ซึ่งผลจากการวิเคราะห์พบว่าตัวอย่างดินจาก 6 ดำรับการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ pH, C.E.C., อินทรีย์วัตถุ, เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินจาก Treatment ต่างๆ แล้วแสดงให้เห็นว่าน้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว สามารถนำไปใช้ในการเกษตรได้ เนื่องจากสภาพการเป็นน้ำเสียได้หมดไป ตรงกันข้ามเมื่อเปรียบเทียบกับดินบริเวณบ่อบำบัดน้ำกับดินบริเวณบ่อน้ำธรรมชาติ แล้วดินบริเวณบ่อบำบัดน้ำจะให้แนวโน้มที่ดีเหมาะแก่การปลูกพืชมากกว่า โดยจะมีส่วนช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินในทุกที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากมีสารที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียตกค้างเป็นปุ๋ยอยู่ในดินต่อไป

คำนำ

ปัจจุบันในประเทศไทยกำลังตื่นตัวกับมลภาวะของสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะมลภาวะทางน้ำ ซึ่งดูเหมือนจะเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องเร่งด่วนในการแก้ไข โดยเฉพาะแม่น้ำสายหลักของคนไทย มีมลภาวะเป็นพิษ ก่อความรำคาญให้กับผู้สัญจรไปมา และผู้ที่อาศัยอยู่แถบบริเวณนั้น ซึ่งนั่นก็สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้ เพราะเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุหลัก แต่แม่น้ำลำคลองในแถบภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งต้องรองรับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ก่อให้เกิดน้ำเสีย มีกลิ่นเน่าเหม็น มีคุณสมบัติไม่เพียงพอต่อการเกษตร ซึ่งถือว่าเป็นอาชีพหลักของคนแถบนั้น เรื่องนี้ถือเป็นเรื่องที่ต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน แต่ทางรัฐบาลก็ไม่ได้ใส่ใจ ได้มีการจัดตั้งโรงงานเพื่อบำบัดน้ำเสียในแถบจังหวัดอุตสาหกรรม ซึ่งได้มีการศึกษาทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้ที่จังหวัดกาญจนบุรี โดยจัดตั้งในปี 2512-2515 เรียกว่า โรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำส่วนกลาง แถบบริเวณลุ่มแม่น้ำแม่กลอง ซึ่งเป็นบ่อกำจัดน้ำเสียแบบกลางแจ้งขนาดใหญ่ เพื่อช่วยบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่เนื่องจากว่าน้ำเสียที่ปล่อยจากโรงงาน มีความเป็นกรดสูง และมีธาตุโลหะหนักบางชนิด ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อพืช ทำให้ผลผลิตของประเทศลดลงกระทบกระเทือนต่อเศรษฐกิจของประเทศไปด้วย ฉะนั้นการบำบัดน้ำต้องใช้เวลาและขั้นตอนที่ค่อนข้างสลับซับซ้อนอยู่มาก จึงสามารถที่จะบำบัดน้ำได้ แล้วจึงมีการปล่อยน้ำลงสู่ไร่นาเกษตรกร และการศึกษาดังกล่าวถึงความเหมาะสมของการนำน้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วเพื่อไปใช้ในการเกษตรนี้ จึงถือว่าสำคัญเพราะจะได้รู้ถึงความเหมาะสมของน้ำนั้น ว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมหรือไม่ ให้ผลดีหรือเสียอย่างไร

ดังนั้น การทดลองในครั้งนี้ จึงเน้นการศึกษาถึงคุณภาพของน้ำหลังจากที่ได้รับการบำบัดแล้ว เพื่อไปใช้ในการเกษตร และหวังว่าการทดลองนี้ จะเป็นแนวทางในการศึกษาปรับปรุงคุณภาพของน้ำ และการนำไปใช้ของเกษตรกร เพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชต่อไป

วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. หลังจากที่มีการบำบัดน้ำเสียที่ปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมแล้ว ได้มีการปล่อยลงในไร่นาเกษตรกรนั้น มีคุณภาพใช้ในการเพาะปลูกได้ดีเพียงใด
2. เปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วกับน้ำในธรรมชาติ ในบริเวณใกล้เคียงว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด
3. เพื่อทำการตรวจสอบสมบัติทางเคมีของสิ่งเจือปนมากับน้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วว่ามีธาตุอะไรเจือปนบ้าง และก่อให้เกิดประโยชน์หรือโทษแก่พืชเพียงใด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังเป็นประเทศกำลังพัฒนาในด้านอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดความทัดเทียมกับนานาประเทศ และยิ่งช่วยให้ชีวิตและความเป็นอยู่ของคนในประเทศดีขึ้น แต่ในขณะเดียวกัน โรงงานอุตสาหกรรมที่กำลังเติบโตอยู่นี้ก็ก่อให้เกิดผลเสีย โดยผลเสียส่วนใหญ่จะทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ และทางน้ำ โดยทำให้แม่น้ำลำคลอง เกิดการเน่าเสีย โดย ณรงค์ ฌียงใหม่ (2525) ให้ความหมายของน้ำเสียหมายถึง น้ำที่เสื่อมคุณภาพหรือน้ำที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากธรรมชาติ เช่น มีสิ่งปฏิกูลที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ เจือปนจนทำให้เกิดผลเสียหายต่อการใช้ประโยชน์ของน้ำและแหล่งน้ำ

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2518) ให้ความหมายของน้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งแปลกปลอมเจือปนอยู่และมีแนวโน้ม ที่จะทำให้สภาพแวดล้อมต่างๆ ไป เสื่อมสภาพทั้งทางตรงและทางอ้อม หรือหมายถึง สภาวะที่น้ำตามธรรมชาติถูกปนเปื้อนด้วยสิ่งแปลกปลอม (pollutants) และทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนไปจากเดิม โดยเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลง หรือคุณภาพเสื่อมโทรมลง ยังผลให้การใช้ประโยชน์จากน้ำลดลงด้วยหรืออาจใช้ประโยชน์ไม่ได้เลย

ขอบเขตของน้ำเสียที่เราทำการศึกษามาจากขบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม น้ำตาลทราย ซึ่งในปัจจุบันมีเป็นจำนวนมาก โดยแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ซึ่งจำแนกโดยโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำส่วนกลาง ดังนี้

1. น้ำหล่อคอนเดนเซอร์ เป็นน้ำที่ไหลอยู่ตลอดเวลา จะมีปริมาณเป็นคิวบิกเมตรต่อวันประมาณ 20-24 เท่าของกำลังการผลิต (เป็นตันอ้อยต่อวัน) ดังนั้นจากกำลังการผลิตของโรงงานทั้ง 18 โรงนี้ พบว่ามีกำลังการผลิตประมาณ 144,000 ตันอ้อย จึงมีน้ำที่ออกมาจากระบบคอนเดนเซอร์ประมาณ 2,880,000 ลบ.ม./วัน น้ำเสียจากระบบคอนเดนเซอร์นี้จะมีปริมาณ B.O.D. 400 มก./ลิตร

2. น้ำล้างโรงงาน ปกติ โรงงานน้ำตาลจะมีการทำความสะอาดหม้อต้ม (evaporator) หม้อเคี้ยว (crystallizer) โดยใช้ โซดาไฟ (NaOH) เป็นตัวทำความสะอาด ดังนั้นทางกรมโรงงานอุตสาหกรรมได้มีคำสั่งให้ทางโรงงานน้ำตาลกักเก็บน้ำประเภทนี้ไว้ จนถึงฤดูน้ำหลากแล้วจึงปล่อยทิ้งไว้ นอกจากนี้ ยังมีน้ำที่ใช้ล้างพื้นโรงงาน ทำความสะอาดอีกเป็น

จำนวนมาก ซึ่งน้ำประเภนี้ มีปริมาณ B.C.D. สูง ดังนั้นในปัจจุบันทางราชการจึงได้ให้โรงงาน
สูบเอาน้ำเหล่านี้เข้าสู่บ่อจัดน้ำเสียส่วนกลาง กรมโรงงานอุตสาหกรรม ต.ท่าไม้ อ.ท่ามะกา
จ.กาญจนบุรี เพื่อทำการกำจัดให้เป็นน้ำที่มีคุณภาพเหมาะสมและไม่ทำให้เกิดสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ
ต่อไป

3. น้ำหล่อแบริ่ง, ลูกสูบและเทอร์ไบน์ น้ำประเภนี้มีปริมาณน้อย ปริมาณ B.O.D.
จะมีค่าต่ำ, แต่จะมีไขมันสูง น้ำประเภนี้แต่ละโรงงานจะใช้ไม่เกิน 2,400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
เมื่อรวมทั้งสิ้น 18 โรงงานจะใช้ประมาณ 43,200 คิวบิกเมตรต่อวัน น้ำประเภนี้ ถ้าหากทำ
การสร้างบดักไขมัน (Grease Trap) ที่กักเก็บไขมันแล้วก็สามารถปล่อยลงสู่แม่น้ำแม่กลอง ได้
โดยไม่เกิดอันตราย

ดังนั้น เมื่อคิดรวมโดยประมาณแล้ว น้ำที่จากโรงงานน้ำตาลในวันหนึ่งๆ จะมีปริมาณ
3,000,000 ลูกบาศก์เมตร หากถ้าปริมาณน้ำจำนวนนี้ เมื่อปล่อยลงสู่แม่น้ำแม่กลองทั้งหมด ปริมาณ
น้ำเหล่านี้จะมีค่า (B.O.D. Load) สูงเกินกว่าความสามารถของแม่น้ำแม่กลองที่จะทำการฟอกตัว
เองได้ (Self purification) ยิ่งในฤดูแล้ง อัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำแม่กลองมีปริมาณ
คือ ประมาณเดือนธันวาคมจะมีการไหลไม่เกิน 40 ลบ.ม/วินาที และบางครั้งอาจจะลดลงถึง 30
ลบ.ม/วินาที ในเดือนเมษายนนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 เป็นต้นมา จึงได้เกิดสภาวะการเน่าเสีย
ของแม่น้ำแม่กลองทุกๆ ปีเป็นระยะๆ ในฤดูที่บ่อขุด และเป็นฤดูแล้ง เมื่อต้นปี พ.ศ. 2515 และ
2516 ลำนํ้าแม่กลองได้เกิดการเน่าเสียอย่างรุนแรงตลอดลำน้ำ และเกิดการเน่าเสียติดต่อกันจน
หมดฤดูที่บ่อขุด ซึ่งราวๆ เดือนพฤษภาคมของทั้งสองปี

การพิจารณาคุณภาพของน้ำ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2504)

อาจจะต้องพิจารณาจากปัจจัยหลายๆ อย่างควบคู่กันไป เช่น pH อุณหภูมิ สี กลิ่น
รส ความขุ่น ความเป็นกรด-เบส สารที่ละลายอยู่ในน้ำทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สารแขวน
ลอย ปริมาณของก๊าซ O_2 ที่ละลายอยู่และโลหะหนักที่เจือปนอยู่เป็นต้น คุณภาพของน้ำจะเป็นอย่าง
ไรขึ้นอยู่กับมาตรฐานที่กำหนดตามวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำซึ่งแตกต่างกัน เช่นน้ำที่จะใช้บริโภค
หรือใช้ในอุตสาหกรรมย่อมมีข้อกำหนดที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1 มาตรฐานบางอย่างสำหรับน้ำที่จะใช้ในแหล่งชุมชนกับแหล่งอุตสาหกรรมกำหนดโดย
กระทรวงสาธารณสุข สหรัฐอเมริกา

ชนิดของสาร	แหล่งชุมชน	อุตสาหกรรม
algae (std. units vol.)	1000	1000
alkalinity (ppm)	120	50 - 150
ammonia (ppm)	0.1	-
BOD (ppm)	1.0-3.0	-
bicarbonate (ppm)	150	3 - 100
Cd (ppm)	0	-
carbonate (ppm)	-	200 - 400
chloride (ppm)	50	20 - 250
cyanide (ppm)	0	0.05
cyanide (ppm)	0	0
dissolved O ₂ (ppm)	> 4.0	0.2-2.0
pH	6.5-8.5	6.0-9.6
iron (ppm)	0.3	0.5
temperature (°F)	50	60
turbidity (ppm)	0-40	10 - 50

โดยทั่วไปการพิจารณาคุณภาพน้ำที่เราทำการศึกษา นั้น เป็นน้ำเสียหรือไม่ เรา
จะพิจารณาค่า BOD และ COD เป็นหลักที่ใช้ในการพิจารณา ซึ่งได้ทำการกล่าวถึงโดย สุรีย์
สอนสมบูรณ์ (2521)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.)

เป็นการบอกคุณภาพของน้ำอีกอย่างหนึ่ง โดยการวัดค่าความต้องการ O_2 ทางชีวเคมี ค่า BOD หมายถึงค่าที่แสดงปริมาณของ O_2 ที่แบคทีเรียแอโรบิคต้องใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ

โดยทั่วไป น้ำจากแหล่งต่างๆ จะมี O_2 และสารอินทรีย์ละลายอยู่ไม่เท่ากัน ถ้าในน้ำมีสารอินทรีย์ละลายอยู่มาก O_2 จะมีน้อย เนื่องจากถูกแบคทีเรียแอโรบิคใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ แต่ถ้าในน้ำมีสารอินทรีย์ละลายอยู่น้อย จะมี O_2 เหลืออยู่มาก น้ำธรรมชาติและน้ำทิ้งจะมีสารอินทรีย์ปนอยู่มากน้อยเท่าใด จึงสามารถหาได้จากค่าความต้องการของ O_2 หรือจากปริมาณของ O_2 ที่ละลายอยู่ในน้ำ น้ำจะมีคุณภาพเป็นอย่างไรจึงสามารถพิจารณาได้จากค่า BOD

เนื่องจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำโดยแบคทีเรียเกิดขึ้นอย่างช้าๆ การหา BOD จึงนิยามวัดกันในช่วง 5 วัน ที่อุณหภูมิ $20^\circ C$ ถ้าในน้ำมี BOD สูงก็หมายความว่าปริมาณของ O_2 ที่แบคทีเรียต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าสูง ทำให้เหลือออกซิเจนอยู่ในน้ำจำนวนน้อย หรือน้ำที่มี BOD สูง แสดงว่าน้ำนั้นมีสารอินทรีย์ละลายปนอยู่มากนั่นเอง กล่าวได้ว่าถ้าในน้ำมี BOD สูงปริมาณของสารอินทรีย์จะมาก แต่ปริมาณของ O_2 จะน้อย ทำให้น้ำมีคุณภาพไม่ดี ยิ่ง BOD สูงมากเท่าใดจะยิ่งทำให้น้ำเสียมากขึ้นเท่านั้น แต่ถ้าในน้ำมี BOD ต่ำ ปริมาณของสารอินทรีย์จะน้อยทำให้มี O_2 เหลือมาก ดังนั้นค่า BOD จึงใช้บอกคุณภาพของน้ำได้ โดยทั่วไปน้ำที่มี BOD สูงกว่า 100 mg/l จะจัดว่าเป็นน้ำเสีย

การวัดค่า BOD เป็นเรื่องที่ค่อนข้างจะยุ่งยาก ดังนั้นจะไม่กล่าวถึงรายละเอียดแต่จะกล่าวถึงหลักการเพียงคร่าวๆ เท่านั้น การวัด BOD อาจทำได้ 2 วิธี คือวิธีการทางตรง (direct method) และวิธีการทางอ้อม (indirect method) วิธีการทางตรงให้ใช้น้ำตัวอย่างมาหาค่า BOD ได้เลยในช่วงเวลา 5 วัน แต่วิธีการอ้อมต้องนำน้ำตัวอย่างมาทำให้เจือจางก่อน (dilution method) แล้วจึงนำไปหา BOD โดยหลักการแล้วการหา BOD ค่อนข้างจะง่าย กล่าวคือ นำน้ำตัวอย่างใส่ขวด 2 ขวด ขวดหนึ่งวิเคราะห์หาปริมาณของ O_2 ที่ละลายน้ำอยู่ทันที อีกขวดหนึ่งปิดจุกให้แน่นไม่ให้อากาศเข้า และเก็บไว้ในที่มืดเพื่อป้องกันการสังเคราะห์แสงของพืช น้ำ เช่นสำหรับรายสี่เขียว ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ $20^\circ C$ เป็นเวลา 5 วัน แล้วจึงนำมาหาปริมาณของ

O_2 ที่ละลายน้ำใหม่อีกครั้งหนึ่ง ปริมาณของ O_2 ที่ลดลงก็คือค่า BOD ซึ่งเป็นปริมาณที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และนอกจากเราจะวัดค่า BOD แล้ว การวัดค่า COD ก็มักมีการวัดควบคู่กันไป โดย รศ.เทพจำนงค์ แสงสุนทร ได้พูดถึงค่า COD ไว้ว่า ค่า COD นั้น ย่อมาจากคำว่า Chemical oxygen demand เป็นวิธีการบอกคุณภาพของน้ำอีกอย่างหนึ่งด้วยค่าความต้องการ O_2 ทางเคมี COD เป็นค่าที่ใช้วัดปริมาณของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำทั้งหมด โดยการทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่มีสมบัติเป็นตัวออกซิไดส์อย่างแรง คือ สารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ในกรด H_2SO_4



(C, H, O, N, S)

หลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้ว จึงหาปริมาณของ $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือ โดยทำปฏิกิริยากับสารละลาย ferrous ammonium sulfate ใช้ feroin เป็นอินดิเคเตอร์



การวิเคราะห์ค่า COD เป็นการวัดคุณภาพของน้ำ โดยเปรียบเทียบในรูปของปริมาณ O_2 ที่ต้องใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งหมด ทั้งส่วนที่แบคทีเรียย่อยสลายได้และส่วนที่ย่อยสลายไม่ได้ ดังนั้นน้ำที่ทุก ๆ ไป จึงมีค่า COD สูงกว่าค่า BOD (ค่า BOD พิจารณาเฉพาะปริมาณของ O_2 ที่ต้องใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่แบคทีเรียแอโรบิคสามารถย่อยได้เท่านั้น)

ดังนั้น พงศ์ศักดิ์ พนาโกร (2520) ได้กล่าวคือ น้ำเสียอาจจะมีลักษณะที่เห็นได้ชัด เช่นมีสี กลิ่น คราบน้ำมัน ฟอง ตะกอนหรือขยะมูลฝอย แต่ในบางครั้งนี้ที่ปราศจากสี กลิ่นหรือขยะมูลฝอยก็อาจจะเป็นน้ำเสียได้ ถ้ามีสิ่งต่างๆ เกินจากมาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่นอาจจะมีสารมลพิษอื่นๆ ที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และละลายในน้ำได้เจือปนอยู่จนไม่เหมาะสมที่จะใช้บริโภคหรือใช้ในการดำรงชีวิตของพืช และสัตว์น้ำ สารมลพิษที่จะก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ สารมลพิษทางเคมี สารมลพิษทางชีววิทยา และสารมลพิษทางกายภาพ

ตารางที่ 2 ตัวอย่างของสารมลพิษในน้ำ

ประเภท	ตัวอย่าง
สารมลพิษทางเคมี	
- สารอินทรีย์	น้ำมัน สีทา สีย้อม ฟีนอล กรดคาร์บอกซิลิก สารประกอบ คลอรีเนตเตคไฮโดรคาร์บอน ผงซักฟอกสังเคราะห์ น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต
- สารอนินทรีย์	กรด เบส คลอรีน เกลือของโลหะ PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NO_3^- , HCO_3^- , H_2S , สารกัมมันตรังสี
สารมลพิษทางชีววิทยา	
- สิ่งที่ทำให้เกิดโรคภัยต่างๆ	แบคทีเรีย ไวรัส พาราไซต์ เชื้อรา
- algae bloom	สาหร่าย พืชน้ำต่างๆ
สารมลพิษทางกายภาพ	
- สารที่ลอยน้ำ	เศษไม้ ใบไม้
- สารแขวนลอย	โคลน ดิน เศษโลหะ เศษไม้ ยาง เยื่อกระดาษ
- สารจมน้ำ	กรวด ทราย หิน
- ความร้อน	น้ำร้อนจากหม้อต้มน้ำในโรงงาน

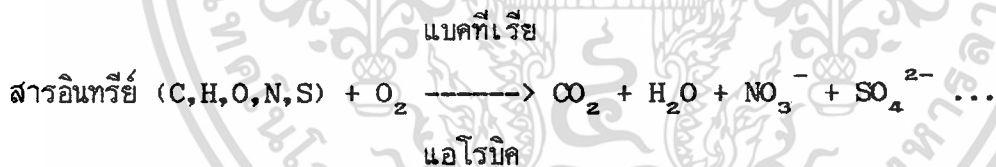
แหล่งที่มา : รายงานประจำปีของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2520

สำหรับในที่นี้จะ ได้กล่าวถึงรายละเอียดเฉพาะสารมลพิษทางเคมีคือสารอินทรีย์ และ สารอนินทรีย์บางชนิดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำเท่านั้น

1. สารอินทรีย์

รศ.เทพจันทร์ แสงสุนทร ได้กล่าวไว้ว่า สิ่งปฏิภูลต่างๆ ที่เกิดจากการบริโภคของมนุษย์เช่นอาหารต่างๆ กระดาษ น้ำมัน และน้ำทิ้งจากบ้านเรือนส่วนใหญ่จะมีสารอินทรีย์ปนอยู่เป็นจำนวนมาก น้ำทิ้งหรือวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดก็เช่นเดียวกัน เช่น โรงงานปลาป่น นม และอาหารกระป๋อง จะมีสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมันปนอยู่ สารอินทรีย์เหล่านี้ประกอบด้วยธาตุ C, H, O, N และ S เมื่อทิ้งลงสู่แม่น้ำลำคลองแบคทีเรียแบ่งเป็น 2 ประเภทตามปริมาณของก๊าซ O_2 คือ ประเภทที่ต้องใช้ก๊าซ O_2 และประเภทที่ไม่ต้องใช้ก๊าซ O_2

ก. การย่อยสลายโดยใช้ก๊าซ O_2 แบคทีเรียแอโรบิก (aerobic bacteria) จะใช้ O_2 ที่ละลายอยู่ในน้ำไปย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อให้ได้พลังงานสำหรับการดำรงชีวิต ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายประเภทนี้ได้แก่ H_2O , NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_2 เขียนเป็นสมการได้ดังนี้



ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายจะละลายน้ำได้และมีกลิ่นที่ไม่รุนแรง การย่อยสลายแบบนี้จะเกิดขึ้นเรื่อยๆ ตราบที่ยังมีก๊าซ O_2 เพียงพอในน้ำและมีสารอินทรีย์ปนอยู่ ดังนั้นจึงมีการใช้ O_2 อยู่ตลอดเวลา ถ้าอัตราการใช้ O_2 ในการย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าน้อยกว่าอัตราการละลายน้ำของ O_2 ปริมาณ O_2 ในน้ำก็จะยังคงอยู่ ทำให้สภาพของน้ำเป็นปกติ แต่ถ้าอัตราการใช้ O_2 มากกว่าอัตราการละลายน้ำของ O_2 ปริมาณของ O_2 ในน้ำจะลดลงทีละน้อยจนในที่สุดจะหมดไป

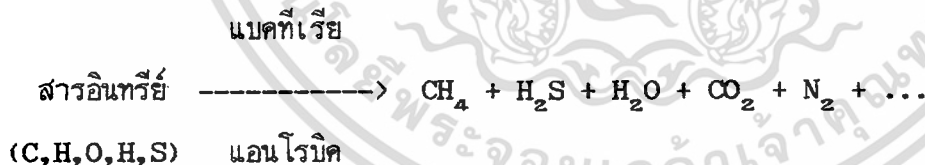
นิวติ เรืองพานิช (2524) การละลายน้ำของ O_2 ปริมาณของ O_2 ที่ละลายอยู่ในน้ำจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิและปริมาณของสารอินทรีย์

อุณหภูมิของน้ำ นอกจากจะมีส่วนช่วยเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในน้ำแล้ว ยังมีผลต่อกลิ่นและรสของน้ำด้วย รวมทั้งมีผลต่อการละลายของ O_2 ในน้ำ จากการศึกษาพบว่า O_2 ละลายในน้ำได้น้อยมาก ยิ่งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นการละลายจะยิ่งน้อยลง จากการรายงานของจุฑาธิป อยู่เย็น (2523) ได้กล่าวถึงการละลายในน้ำของ O_2 ที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	0	5	10	15	20	25	30
การละลาย (ppm)	14.6	12.7	11.3	10.1	9.1	8.3	7.6

โดยปกติน้ำในธรรมชาติจะมี O_2 ละลายอยู่ประมาณ 5-7 ppm บริเวณผิวน้ำจะมี O_2 อยู่มากกว่าส่วนที่ลึกลงไป O_2 ที่อยู่ในน้ำจะมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตเพราะใช้สำหรับการดำรงชีวิต ถ้าขาด O_2 จะทำให้ตาย ดังนั้นปริมาณของ O_2 ที่อยู่ในน้ำจึงใช้เป็นเครื่องแสดงคุณภาพของน้ำได้ น้ำที่มี O_2 ละลายอยู่น้อยหรือไม่มีเลยแสดงว่าเป็นน้ำเสีย กล่าวได้ว่าการขาด O_2 ในน้ำจัดว่าเป็นสาเหตุที่สำคัญที่สุดที่ทำให้คุณภาพของน้ำต้องเสียไป และยากแก่การแก้ไข รวมทั้งเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้สภาพแวดล้อมอื่นๆ ในน้ำต้องเสียไปด้วย

ข. การย่อยสลายโดยไม่ใช้ O_2 การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบนี้จะเกิดขึ้นเมื่อในน้ำมี O_2 ไม่เพียงพอหรือไม่มี O_2 เลย แบคทีเรียที่เรียกว่าแบคทีเรียแอนาโรบิค (anaerobic bacteria) จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ไม่ต้องใช้ O_2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายตัวมักจะมีกลิ่นเหม็น เนื่องจากเกิดก๊าซ H_2S และเกิดตะกอน FeS เขียนเป็นสมการได้ดังนี้



ก๊าซ CH_4 และ H_2S ละลายน้ำได้น้อย จึงแพร่ขึ้นสู่อากาศ โดยเฉพาะก๊าซ H_2S มีกลิ่นเหม็นและสามารถทำปฏิกิริยากับไอออนของโลหะบางชนิดเช่นเหล็ก เกิดเป็น FeS ซึ่งมีสีดำและไม่ละลายน้ำ ดังนั้นแหล่งน้ำที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยไม่ใช้ O_2 หรือแหล่งน้ำที่ขาด O_2 จึงมักจะมีสีดำและส่งกลิ่นเหม็นดังที่เห็นกันอยู่ตามคู และคลองในเขตต่างๆ ของกรุงเทพฯ ในปัจจุบัน

2. สารอินทรีย์ ชูชาติ หุตะเจริญ (2527)

ในน้ำทั้งนอกจากจะมีสารอินทรีย์ปนอยู่แล้วยังมีสารอินทรีย์ปนอยู่อีกหลายชนิด ซึ่งก็เป็นเหตุให้เกิดภาวะมลพิษทางน้ำได้มากเช่นเดียวกัน

น้ำทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางอย่างเช่น โรงงานชุบโลหะ บูนซีเมนต์ ไซตาแอซ และโรงงานทำผ้าฝ้าย รวมทั้งน้ำทั้งจากแหล่งชุมชนหนาแน่นที่มีกิจการบางอย่างเช่นซ่อมเครื่องยนต์ พ่นสี ทาสี ชุบโครเมียมและบัดกรี มักจะตรวจพบว่ามีสารประกอบซัลไฟด์ ซัลเฟต เกล็ดและแคลเซียม รวมทั้งมีโลหะหนักเจือปนอยู่ด้วย สารต่างๆ เหล่านี้ล้วนแต่ทำให้สภาพแวดล้อมและสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไป บางชนิดทำให้น้ำมีสี บางชนิดทำให้ pH ของน้ำเปลี่ยนไปจนอาจจะไม่เหมาะกับการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย บางชนิดเป็นสารพิษและเป็นอันตรายโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำเช่นสารประกอบไซยาไนด์เป็นพิษแก่สัตว์น้ำพวกปลา กุ้ง หอย เป็นต้น สารบางชนิดไม่ได้เป็นพิษโดยตรง แต่ทำให้เกิดมลพิษทางอ้อม เช่น ฟอสเฟต ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของปุ๋ยและผงซักฟอก ฟอสเฟตไม่ได้เป็นพิษโดยตรงต่อคนและสัตว์น้ำแต่กลับเป็นอาหารที่ดีของพืชน้ำบางชนิด เช่น สาหร่าย ดังนั้นเมื่อน้ำมีปริมาณของฟอสเฟตมากกว่าปกติ คือสูงกว่า 15 ppm จะทำให้พืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วซึ่งการเจริญเติบโตเหล่านี้ต้องอาศัย O_2 ช่วยในการหายใจ ถ้ามีปริมาณของพืชน้ำมากๆ อาจจะทำให้ O_2 ไม่พอใช้ หรืออาจจะหมดไป ทำให้พืชน้ำและสัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ นอกจากนี้เมื่อพืชน้ำเหล่านี้ตายลงก็ต้องถูกย่อยสลายด้วยแบคทีเรีย แต่เนื่องจากปริมาณของทรากพืชน้ำที่ตายมีจำนวนมาก การย่อยสลายโดยแบคทีเรียจึงต้องใช้ O_2 เป็นจำนวนมาก เป็นเหตุให้น้ำขาด O_2 ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดภาวะมลพิษภาวะทางน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น

จากการที่เราทราบว่า การย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียมี 2 แบบ คือ แบบใช้ O_2 และ ไม่ใช้ O_2 โดยชูชาติ หุตะเจริญ ได้แสดงตารางเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างของขบวนการทั้งสอง ดังนี้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียที่ใช้ และไม่ใช้ O_2 (จุลชาติ หุตะเจริญ 2527)

แบคทีเรียแอโรบิก (ใช้ O_2)		แบคทีเรียแอนาโรบิก (ไม่ใช้ O_2)	
C	CO_2	C	CH_4, CO_2
N	NH_3, HNO_3	N	$NH_3, amine$
S	H_2SO_4	S	H_2S
P	H_3PO_4	P	PH_3
ผลิตภัณฑ์ที่ได้ ไม่มีกลิ่นที่รุนแรงและละลายน้ำได้		ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นเหม็นและน้ำเกิดสีดำเพราะมีซัลไฟด์ของ โลหะหนักบางตัวเช่น FeS	

จากการที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงลักษณะของน้ำเสีย แต่เราควรทราบสิ่งที่นำวิชาการส่วนใหญ่ใช้ตรวจสอบว่าน้ำที่เราทำการศึกษาเป็นน้ำเสียหรือไม่ โดยพิจารณาสิ่งต่างๆ เหล่านี้

รายการที่ควรตรวจสอบสำหรับมาตรฐานน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภค

1. pH
2. ความขุ่น (turbidity)
3. ความกระด้างรวม (total hardness)
4. ความกระด้างของคาร์บอเนต (carbonate hardness)
5. ความกระด้างที่ไม่ใช่คาร์บอเนต (non-carbonate hardness)
6. สภาพเบส (alkalinity)
7. residual chlorine
8. ธาตุต่างๆ เช่น Fe, Pb, Hg, Mn, Zn, Al, Cr, As, Mg, Ca และ

Cd เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. อีออนต่างๆ เช่น Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , OH^- , CN^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- และ F^- เป็นต้น

รายการที่ควรสอบสำหรับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (รพท 2519)

1. ความขุ่น
2. ของแข็งที่ละลายอยู่ (total dissolved solid)
3. ของแข็งที่แขวนลอย (suspended solid)
4. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ (dissolved oxygen)
5. BOD, COD
6. NO_3^- , PO_4^{3-}
7. pH
8. ความกระด้าง
9. โลหะต่างๆ เช่น Hg, Pb, Mn, Cd, Cu, Cr, Fe, Zn, Al และ Ca

เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 มาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2522)

สิ่งที่ใช้กำหนดลักษณะน้ำทิ้ง		ปริมาณสูงสุดที่อนุญาต
สมบัติบางประการ	ชนิดของสารในน้ำ	
pH		ระหว่าง 5-9
BOD (5 วัน ที่ 20 °C)		20-60 mg/l
อุณหภูมิ		40 °C
	ของแข็งที่ละลายได้	2,000 mg/l
	ซัลไฟด์ (คิดเทียบเป็น H ₂ S)	1 mg/l
	ไซยาไนด์ (คิดเทียบเป็น NCN)	0.2 mg/l
	คลอไรด์อิสระ	1 mg/l
	ฟีนอลและ/หรือครีโซล	1 mg/l
	น้ำมันและไขมัน	5 mg/l
	โลหะหนัก : สังกะสี	5 mg/l
	โครเมียม	0.5 mg/l
	สารหนู	0.25 mg/l
	ทองแดง	1 mg/l
	ปรอท	0.005 mg/l
	แคดเมียม	0.03 mg/l
	แบเรียม	1 mg/l
	ซีลีเนียม	0.02 mg/l
	ตะกั่ว	0.2 mg/l
	นิกเกิล	0.2 mg/l
	แมงกานีส	5 mg/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และโดยทั่วๆ ไปของการตรวจและวิเคราะห์น้ำเสียจากหลายๆ แหล่ง จะพบว่ามีส่วนประกอบต่างกันออกไปตามลักษณะการผลิตของแต่ละโรงงาน ฉะนั้น กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำนักคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี ได้แยกสิ่งที่ตรวจวิเคราะห์ได้จากโรงงานประเภทต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 5 ตัวอย่างสิ่งที่ควรตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ ในน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนและ โรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด

แหล่งน้ำทิ้ง	สิ่งที่ควรตรวจวิเคราะห์
แหล่งชุมชน	BOD ฟอสเฟต ไนโตรเจน
โรงงานน้ำตาล	BOD อุณหภูมิ pH ไขมันและน้ำมัน สี ความขุ่น
โรงงานชุบโลหะ	สารแขวนลอยในน้ำ ฟอสเฟต ไนโตรเจน ไขมันและน้ำมัน โลหะหนัก ไซยาไนต์
โรงงานปูนซีเมนต์และคอนกรีต	สารแขวนลอยในน้ำ สารละลายในน้ำทั้ง อุณหภูมิ pH โครเมต ฟอสเฟต ซัลเฟต สังกะสี

ผลกระทบของมลพิษทางน้ำต่อสิ่งมีชีวิต

จำเนียร ธนสีลังกูร ได้กล่าวไว้ว่า สารมลพิษซึ่งเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ และจากแหล่งชุมชนหนาแน่น บางอย่างก็อาจมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมาก บางอย่างก็อาจจะเป็นอันตรายเพียงเล็กน้อย สารมลพิษออกก่อน น้ำทิ้งลักษณะนี้จะมีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ปะปนอยู่มาก และจะเป็นเหตุให้น้ำขาด O_2 หรือทำให้สมบัติบางอย่างของน้ำ เช่นความเป็นกรด-เบส เสียไปจนไม่เหมาะสมที่จะใช้บริโภคหรือใช้ในการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ตัวอย่างสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด ซึ่งสำรวจโดยกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

โรงงาน	pH	อุณหภูมิ (°C)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	ไนโตรเจน (mg/l)	ฟอสเฟต (mg.l)
สุรา	7.0	58	61,250	76,876	25.76	-
แป้งมัน	4.5	ปกติ	4,160	4,723	10.08	16.0
ผลไม้กระป๋อง	4.45	ปกติ	1,262	1,662	14.34	2.45
ปลาบ่น	7.0	40.5	147,050	244,262	10,321.92	3.45
กระดาษ	11.1	ปกติ	667	1,817	18.70	7.50
น้ำมันรำ	9.8	ปกติ	319	-	-	-
น้ำตาล	7.0	46	74	117	4.25	0.65
ฆ่าสัตว์	7.0	ปกติ	1,540	2,580	171.31	-

การควบคุมและการป้องกันมลพิษทางน้ำ

เนื่องจากปัญหาเกี่ยวกับมลพิษทางน้ำในแหล่งต่างๆ อาจจะมีสาเหตุไม่เหมือนกัน ดังนั้นการควบคุม ป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามพื้นฐานของการแก้ปัญหาอยู่ที่ว่าแก้ไขตรงจุดของปัญหา ต้องควบคุมสิ่งเจือปนหรือสารมลพิษออกก่อนที่จะระบายลงสู่แม่น้ำลำคลอง ซึ่งการกำจัดสารมลพิษมีหลายวิธีต่างๆ กัน ตามลักษณะของสารมลพิษนั้นๆ เช่นพวกไม่ละลายน้ำอาจจะกรองออก หรือแยกด้วยแรงเหวี่ยงหรือปล่อยให้ตกตะกอนตามธรรมชาติ พวกที่ละลายน้ำอาจจะเติมสารเคมีบางอย่างเพื่อทำให้เกิดตะกอนแยกออกมา หรือเติมแบคทีเรียลงไปเพื่อย่อยสลาย เป็นต้น โดยธีระศักดิ์ บุญชูดวง ได้รายงานเกี่ยวกับการควบคุมและป้องกันมลพิษทางน้ำสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อช่วยลดมลพิษทางน้ำ

โรงงานอุตสาหกรรม อาจจะทำไดดังนี้

- เลือกใช้วัตถุดิบและกระบวนการผลิตที่ไม่เกี่ยวข้องและเกิดปัญหามลพิษหรือให้เกิดปัญหาบ่อยที่สุด
 - น้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิตต้องผ่านระบบกำจัดสารมลพิษ และปรับปรุงให้เป็นไปตามมาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรมก่อนแล้วจึงระบายลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง
 - น้ำทิ้งต้อง ไม่มีน้ำมัน ไขมัน หรือวัตถุเป็นพิษที่ใช้ในการเกษตร อุตสาหกรรม ต้องไม่มีสารกัมมันตรังสี กลิ่น และสีที่พึงรังเกียจ
- สำหรับกระบวนการกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำที่ทำการศึกษามีขั้นตอนดังนี้ โดยอยู่ในความดูแลรับผิดชอบของโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำส่วนกลาง (รง.ปน)



อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบ split plot design มีจำนวน 3 ซ้ำ โดยให้เดือนแต่ละเดือนเป็น Main plot และ treatment เป็น sub plot

โดยจัดแผนการทดลองเป็นแบบนี้

Treatment ประกอบด้วย

- Main plot : ได้แก่การศึกษาระยะเวลาการปรับปรุงคุณภาพน้ำในแต่ละเดือนดังนี้

1. มกราคม

2. กุมภาพันธ์

3. มีนาคม

4. เมษายน

- sub plot : ได้แก่การศึกษาสถานที่พักน้ำ มีดังนี้

1. บ่อที่ 1

2. บ่อที่ 3

3. บ่อที่ 5

4. บ่อที่ 7

5. ดินบริเวณที่ใกล้กับน้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว

6. ดินบริเวณที่ใกล้กับน้ำที่ได้รับการบำบัดแล้ว

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาวิเคราะห์

เราจะทำการเก็บดิน 3 จุด ในแต่ละบ่อ คือบริเวณหัวบ่อ กลางบ่อ และปลายบ่อ โดยเราจะเก็บทุกเดือนในวันเวลาเดียวกันและเก็บ ซึ่งบริเวณเดิมทุกเดือน จากนั้นนำดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม (air-dried) ใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน จากนั้นนำไปตรวณผ่านตะแกรงขนาด 2.0 มิลลิเมตร และ 0.5 มิลลิเมตร จากนั้นจึงคลุกดินที่ร่อนผ่านตะแกรงแล้วให้เข้ากันอย่างทั่วถึงก่อนบรรจุใส่ภาชนะพลาสติก เพื่อวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์ดิน

ในการวิเคราะห์ ในการทำปฏิกิริยาพิเศษครั้งนี้ จะวิเคราะห์ดินเพื่อหาค่า pH, เปอร์เซ็นต์ของ organic matter, ค่า CEC, available phosphorus และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

การวัดค่า pH

วัดค่า pH ของดินด้วยเครื่อง pH meter ที่ประกอบด้วย combined glass and calomel electrode โดยมีอัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1

การหาค่า Available phosphorus

สกัด Phosphorus ในดินด้วยสารละลาย Bray II แล้วกรอง จากนั้นนำ aliquot ที่ได้มาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เติม Reagent B (molybdate-ascorbic acid) ลงไปตั้งทิ้งไว้ 10 นาที วัดค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer แล้วอ่านค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสในสารละลายจาก standard curve

วิธีการทำ Standard curve จะทำเหมือนกับวิธีการข้างต้นแต่จะใช้ Standard ที่ 0, 5, 10, 20, 30, 40 ppm. นำค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance ที่ได้ไปเขียนกราฟ

การหาค่า Cation Exchange Capacity (C.E.C) (Chapman, 1965)

ใช้วิธีของ Chapman, 1965 การไล่ที่ cation ในดินด้วย NH_4OAc ซึ่ง leachate ที่ได้นำไปวิเคราะห์หา Exchangeable cation แต่ในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้วิเคราะห์ค่า Exchangeable cation ดังนั้น leachate ที่ได้จึงทิ้งไป ต่อมาก็ชะดินด้วย ethyle alcohol และ acidifide NaCl 10% ตามลำดับ ปรับปริมาตร leachate ที่ได้ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำมากลั่น แล้ว Titrate ด้วย H_2SO_4 จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง บันทึกปริมาตรของกรดที่ใช้ แล้วนำไปคำนวณหาค่า C.E.C. ต่อไป

การหาค่า Total Nitrogen

การวิเคราะห์ total nitrogen ในครั้งนี้ใช้วิธี Kjeldahl โดยการ digest ดินด้วย catalyst mixture และ H_2SO_4 เข้มข้น digest บนเตาสำหรับ digest ระยะแรก ใช้ไฟอ่อนแล้วค่อยๆ ปรับให้อุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ $300-350^\circ C$ digest จนได้สารละลายใส่ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วนำ aliquot ที่ได้ไปกลั่น สารเคมีที่ใช้ในการกลั่นคือ H_3BO_3 , NaOH นำสารละลายที่ได้ไป titrate กับ HCl หรือ H_2SO_4 จนสารละลายที่ได้เปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีชมพู (กลั่น Blank แล้วนำไป titrate เช่นเดียวกับตัวอย่าง) จดบันทึกปริมาตรของการกรดที่ใช้ในการ Titrate เพื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

การหาปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter)

โดยใช้วิธี Walkley and Black, 1934 ใช้ดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร สารเคมีที่ใช้คือ $K_2Cr_2O_7$ และ H_2SO_4 เข้มข้น โดยมี O-phenanthroline เป็น indicator แล้วทำการ Titrate soil suspension กับ $FeSO_4$ จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง วิธีนี้จะต้องทำ Blank โดยวิธีเดียวกัน เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณอินทรีย์วัตถุต่อไป

การหาค่าฟอสฟอรัสในพืช

เป็นการ develop สีโดยสารละลายที่ digest แล้ว มาเติม HNO_3 และ molybdate-vanadate solution แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่า ทิ้งไว้ให้เกิดสี วัดค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance

การเตรียม standard solution ทำได้โดยใช้ Standard phosphorus 25 ppm. ในปริมาตร 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มิลลิเมตร ทำการ develop สีเหมือนตัวอย่าง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

โดยใช้ Analysis of variance ในการเปรียบเทียบระหว่าง treatment ในแต่ละเดือน ตลอดจนหาความแตกต่างของธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดิน และคำนวณค่าทางสถิติโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (IRRI STAT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14630

สถานที่ทำการทดลอง

- ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.
- ห้องปฏิบัติการโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำส่วนกลาง กาญจนบุรี
- ห้องปฏิบัติการโรงงานน้ำตาลไทยรุ่งเรือง กาญจนบุรี
- บ่อดินกลางแจ้ง บริเวณโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำส่วนกลาง กาญจนบุรี

ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคม 2535 สิ้นสุดเดือนกุมภาพันธ์ 2536



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีโทษปรับและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลการทดลองและวิจารณ์

pH ของดินใต้บ่อน้ำเสีย

จากผลการทดลอง ปรากฏว่า pH ของดินในแต่ละเดือนที่ทำการกำจัดน้ำเสีย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย pH ของดินสูงสุดจะได้จากดินที่เก็บในเดือนกุมภาพันธ์ มีค่า 7.87 และต่ำสุดในเดือนเมษายน มีค่า 7.46 ส่วน pH ของเดือนมกราคม มีแนวโน้มว่าจะมีค่าสูงชันในบ่อน้ำเสียช่วงบ่อหลังๆ อาจจะเป็นเพราะจะมีการเติมปูนขาวในขั้นตอนของการบำบัดน้ำเสียในบ่อน้ำที่ 1 จึงทำให้ pH ของดินใต้บ่อน้ำเสียเพิ่มขึ้น pH ของเดือนกุมภาพันธ์ จะพบว่า pH ในช่วงบ่อต้นๆ มีค่าสูงกว่า pH ในบ่อหลัง อาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากเดือนมกราคมที่มีการเติมปูนขาว แล้วปริมาณปูนยังไม่มากพอที่จะทำให้ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงไป ส่วน pH ของเดือนมีนาคม จะแตกต่างจาก 2 เดือนต้นๆ โดยค่าของ pH ที่สูงสุดอยู่ที่ดินใต้บ่อน้ำที่ 3 แล้วค่อยลดลงในตอนท้ายๆ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากน้ำในช่วงแรกๆ ที่ปล่อยออกมามีอุณหภูมิสูงอยู่ และทำให้การละลายปูนขาวมีความแตกต่างกันออกไป ทำให้ดินในบ่อน้ำ มีค่า pH ต่างกันออกไปและอาจเป็นเพราะมีการตกค้างของปูนในบ่อน้ำเสียไม่เท่ากันด้วย ในเดือนเมษายน จะพบว่า เป็นไปในทำนองเดียวกันกับเดือนมีนาคม และอาจจะมีเหตุผลเช่นเดียวกันอีกด้วย

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ดินใต้บ่อน้ำเสีย พบว่า ในแต่ละเดือนค่าที่ได้จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจะพบว่า การใช้ระยะเวลาสั้นจะทำให้ดินมี pH ลดลง เข้าใกล้ความเป็นกลางมากขึ้นและน้ำเสียที่ปล่อยออกมามีความเป็นกรดสูงมาก หลังจากเติมปูนขาวก็จะมีค่าเกินความเป็นกลางไปมาก แต่เมื่อใช้ระยะเวลาในการบำบัดก็จะได้ค่าที่ใกล้กับ 7.00 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่เป็นกลาง

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย pH ของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาบำบัดต่างกัน

sub plot (S)	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
ดินในบ่อพักน้ำที่ 1	7.503 c	8.210 ab	7.830 c	7.073 d
ดินในบ่อพักน้ำที่ 3	7.837 b	8.230 a	7.573 d	8.323 a
ดินในบ่อพักน้ำที่ 5	7.477 c	8.183 ab	8.233 a	7.347 c
ดินในบ่อพักน้ำที่ 7	8.143 a	7.383 c	7.350 e	6.943 e
ดินบริเวณใกล้บ่อกำจัดน้ำเสีย	8.117 a	7.087 d	7.060 f	7.007 de
ดินบริเวณไกลบ่อกำจัดน้ำเสีย	8.053 a	8.103 b	8.077 b	8.063 b
	7.855	7.866	7.687	7.459

L.S.D 0.5 = 0.118%

L.S.D 0.1 = 0.162%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แสดงค่า pH ของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาปรับปรุงน้ำเสียแต่ละเดือน

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C) ของดินใต้บ่อพักน้ำเสีย

จากผลการทดลองปรากฏว่า ค่า C.E.C ของดินในแต่ละเดือนที่ทำการกำจัดน้ำเสีย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยค่า C.E.C ของเดือนเมษายน มีค่าสูงสุดเป็น 92.98 me/100g และต่ำสุดในเดือนมกราคม มีค่าเป็น 90.35 me/100g ส่วนค่า C.E.C ของเดือนมกราคม จะพบว่ามีความแตกต่างในเดือนแรกและไม่มี ความแตกต่างกันในบ่อต่างๆ ของการบำบัดน้ำเสีย อาจเป็นผลเนื่องมาจากสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทิ้งของโรงงาน เริ่มมีการตกตะกอนในช่วงท้ายๆ เพราะการบำบัดน้ำใช้วิธีแบบ mass flow ในเดือนกุมภาพันธ์ ในทุกบ่อของการบำบัดน้ำมีค่าไม่แตกต่างกันเลย แต่จะไปแตกต่างกับดินบริเวณ ไกลบ่อกำจัดน้ำเสีย ซึ่งมาจากสาเหตุที่ว่า อินทรีย์วัตถุตกตะกอนบนหน้าดินในปริมาณมากใกล้เคียงกัน จึงทำให้ค่า C.E.C ของดินซึ่งขณะนั้นขึ้นอยู่กับอินทรีย์วัตถุ เป็นส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกัน ในเดือนมีนาคมก็เป็นที่น่าสังเกต ทีเดียวกับเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนในเดือนเมษายนค่าที่มากที่สุดจะอยู่ในช่วงเดือนท้ายๆ แต่ก็มีความแตกต่างกันในตัวเลข ไม่มากนัก

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา กับดินใต้บ่อพักน้ำเสีย พบว่าในแต่ละเดือน ค่าที่ได้จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพบว่า ระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น ค่าของ C.E.C ก็จะมีมากขึ้น เราอาจให้เหตุผลว่า เพราะมีการสะสมสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่มาจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมแล้ว เมื่อตกลงมาสู่ดินใต้บ่อพักน้ำทำให้มีน้ำมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุได้มากขึ้น จึงทำให้ค่า C.E.C ที่เราทำการศึกษามีค่ามากขึ้นในแต่ละเดือน

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยของประจุที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดิน (me/100g)

sub plot (S)	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
ดินในบ่อพักน้ำที่ 1	97.077 b	101.167 a	101.797 a	102.353 b
ดินในบ่อพักน้ำที่ 3	101.393 a	100.827 a	101.060 a	103.173 ab
ดินในบ่อพักน้ำที่ 5	100.480 a	100.523 a	101.040 a	103.160 ab
ดินในบ่อพักน้ำที่ 7	101.367 a	101.153 a	102.633 a	104.900 a
ดินบริเวณใกล้เคียงบ่อพักน้ำเสีย	101.143 a	102.137 a	102.493 a	103.553 ab
ดินบริเวณไกลบ่อพักน้ำเสีย	40.623 c	43.430 b	41.207 b	40.757 c
M- Mean	90.347	91.539	92.038	92.983

$$L.S.D 0.5 = 1.887\%$$

$$L.S.D 0.1 = 2.568\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แสดงค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินในบ่อพักน้ำต่างๆ ในช่วงระยะเวลาปรับปรุงน้ำเสียแต่ละเดือน

เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดิน ใต้บ่อพักน้ำเสีย

จากผลการทดลองพบว่าค่า O.M ของดินในแต่ละเดือนที่ทำการกำจัดน้ำเสีย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ โดยค่า O.M ของดินสูงสุดจะได้จากดินที่เก็บในเดือน เมษายน มีค่า 5.40% และต่ำสุดในเดือนมกราคม มีค่า 3.23% ส่วนค่า O.M ในเดือนมกราคม พบว่าในช่วงบ่อต้นๆ ค่า O.M ต่ำและค่อยๆ เพิ่มขึ้นในบ่อท้ายๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะในขณะที่น้ำเสีย ของโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยออกมา มีอุณหภูมิสูงทำให้สารอินทรีย์ละลายไปกับน้ำ และเมื่อถึง บ่อท้ายๆ ก็เริ่มจะตกตะกอนทำให้ค่า O.M เพิ่มขึ้นในช่วงท้ายๆ ในเดือนกุมภาพันธ์ ค่า O.M ที่ได้ ก็เป็นไปในทำนองเดียวกันกับเดือนมกราคม ในเดือนมีนาคม ค่า O.M สูงสุดก็ยังอยู่ที่บ่อท้ายๆ เช่นกัน โดยจะให้เหตุผลว่า อาจมีการตกตะกอนของ O.M อยู่ก่อนแล้วก็ได้ในปีก่อนๆ ที่ทำการ บำบัดน้ำเสีย และดินตัวอย่างที่เรานำมาศึกษา เราอาจเห็น ได้ในช่วงที่ตะกอนมีการสะสม O.M มากเป็นพิเศษ จึงทำให้วิเคราะห์ค่าได้ในทำนองนี้ ในเดือนเมษายน เราให้เหตุผล เช่นเดียวกับใน เดือนต้นๆ เช่นกัน

ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ดินใต้บ่อพักน้ำเสีย พบว่าในแต่ละเดือนค่าที่ ได้จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ โดยพบว่า การใช้ระยะเวลานานขึ้น จะทำให้ดิน มีค่า O.M สูงขึ้น โดยอาจเป็นเพราะว่ามีการพัดพาตะกอนของสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์ ที่ ไม่ละลายกับน้ำมาในรูปสารแขวนลอย และเฟ้นตกตะกอนในช่วงเดือนท้ายๆ และอาจเป็นเพราะ ว่ามีการสะสมของตะกอนพวก O.M อยู่ก่อนแล้วในปีก่อนๆ เพราะการบำบัดน้ำต้องกระทำติดต่อกัน ทุกปี ในแต่ละบ่อน้ำไม่เคยแห้งขอด การตกตะกอนในแต่ละแห่งของบ่ออาจไม่เท่ากัน จึงทำให้ค่าที่ วัดได้ อาจมีการเบี่ยงเบนไปก็อาจเป็นได้




ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยของอินทรีย์วัตถุในดิน (%)




sub plot (S)	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
ดินในบ่อพักน้ำที่ 1	0.4760 e	2.7680 d	2.9117 c	2.4357 e
ดินในบ่อพักน้ำที่ 3	1.7410 d	1.6910 e	5.3893 d	4.1843 d
ดินในบ่อพักน้ำที่ 5	5.5250 b	3.5507 c	4.6797 b	6.7633 c
ดินในบ่อพักน้ำที่ 7	4.4203 c	8.3460 b	8.4560 a	9.7447 a
ดินบริเวณใกล้บ่อกำจัดน้ำเสีย	6.5550 a	8.9040 a	8.7747 a	8.6153 b
ดินบริเวณไกลบ่อกำจัดน้ำเสีย	0.6527 e	0.7090 f	0.6547 e	0.6740 f
M- Mean	3.2283	4.3281	4.6443	5.4029

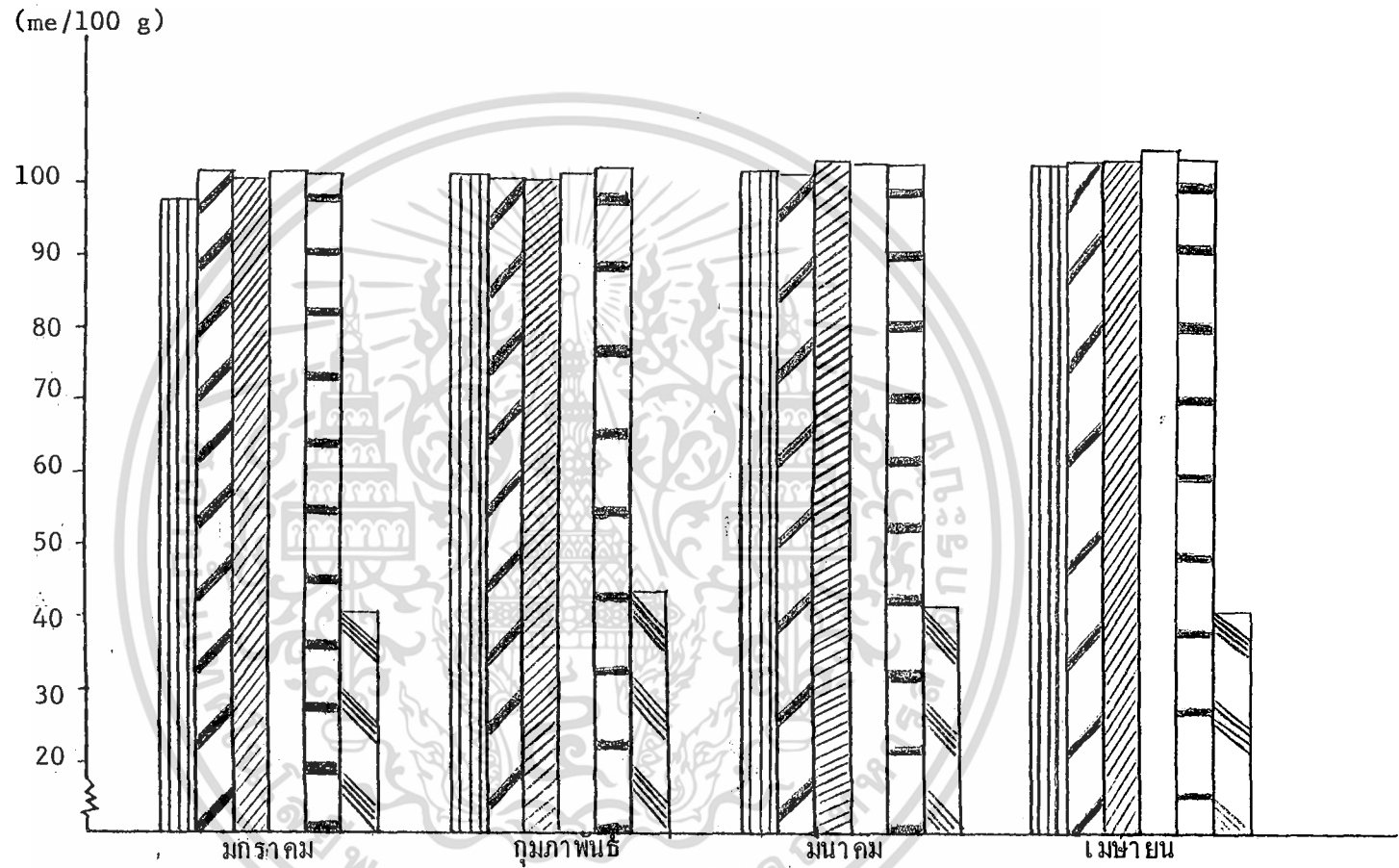
$$L.S.D \ 0.5 = 0.3992\%$$

$$L.S.D \ 0.1 = 0.5425\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 ดินในบ่อพักน้ำที่ 1
 ดินในบ่อพักน้ำที่ 3
 ดินในบ่อพักน้ำที่ 5

 ดินในบ่อพักน้ำที่ 7
 ดินบริเวณใกล้บ่อบำบัดน้ำ
 ดินบริเวณไกลบ่อบำบัดน้ำ



รูปที่ 3 แสดง เปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์วัตถุในดินในบ่อพักน้ำเสียต่างๆ ในช่วงระยะเวลาปรับปรุงน้ำเสียแต่ละเดือน

เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินได้บ่งชี้ค่าเสีย

จากผลการทดลองปรากฏว่า %N ของดินในแต่ละเดือนที่ทำการกำจัดน้ำเสียมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ โดยค่า %N ของดินสูงสุดจะได้จากดินในเดือนเมษายน มีค่า 0.48% และต่ำสุดในเดือนมกราคม มีค่า 0.38% ส่วนค่า %N ในเดือนมกราคม จะพบว่าดินได้บ่งชี้ค่าบ่งที่ 1 มีค่าต่ำกว่าบ่งหลังๆ และในบ่งที่ 3 ถึง 7 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมากจนถือว่าไม่มีความแตกต่าง ที่เป็นเช่นนั้นเพราะมีการเติมยูเรีย ในปริมาณที่สูงมากถึง 4.25 ตัน/200,000 ลบ.ซม. ในขั้นตอนของการบำบัดน้ำ จึงทำให้ค่า %N เพิ่มขึ้น ในเดือนกุมภาพันธ์ พบว่าค่า %N จะเพิ่มขึ้นในบ่งท้ายๆ ของการบำบัดน้ำ ซึ่งให้เหตุผลเช่นเดียวกับในเดือนมกราคม ในเดือนมีนาคม พบว่าในบ่งบ่งที่ 1 มีค่า %N ต่ำมาก แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นในบ่งท้ายๆ ของการบำบัดน้ำ เราให้เหตุผลว่า ยูเรียมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี ดังนั้นในช่วงเดือนแรกๆ จึงสามารถละลายยูเรียที่ให้ไปได้เกือบหมด พอในช่วงเดือนท้ายๆ จึงมีค่า %N ในบ่งต้นๆ ต่ำลงกว่าในบ่งท้ายๆ ที่มีการตกตะกอนของเดือนอื่นๆ อยู่ก่อนแล้วจึงทำให้ค่า %N ในบ่งบ่งที่ต้นมีค่าน้อยกว่าบ่งบ่งท้ายๆ ในเดือนเมษายน เราจะพบว่า เป็นไปในทำนองเดียวกันกับเดือนมีนาคม เราจึงให้เหตุผลเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังมี N ที่อยู่ในอินทรีย์วัตถุซึ่งสะสมกันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาอยู่กับดินได้บ่งชี้ค่าเสีย พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ โดยพบว่า การใช้ระยะเวลาเวลานานมากขึ้น จะได้ค่า %N มากขึ้นตามไปด้วย โดยจะได้ %N จากบ่งบ่งที่ 7 สูงสุด ซึ่งมีค่ามากกว่าดินที่กลบบ่งบ่งที่เสีย แสดงว่า %N ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเดือนอาจเป็นผลมาจากการเติมยูเรีย ซึ่งเป็นขั้นตอนต้น ในการบำบัดน้ำเสียก็เป็นได้

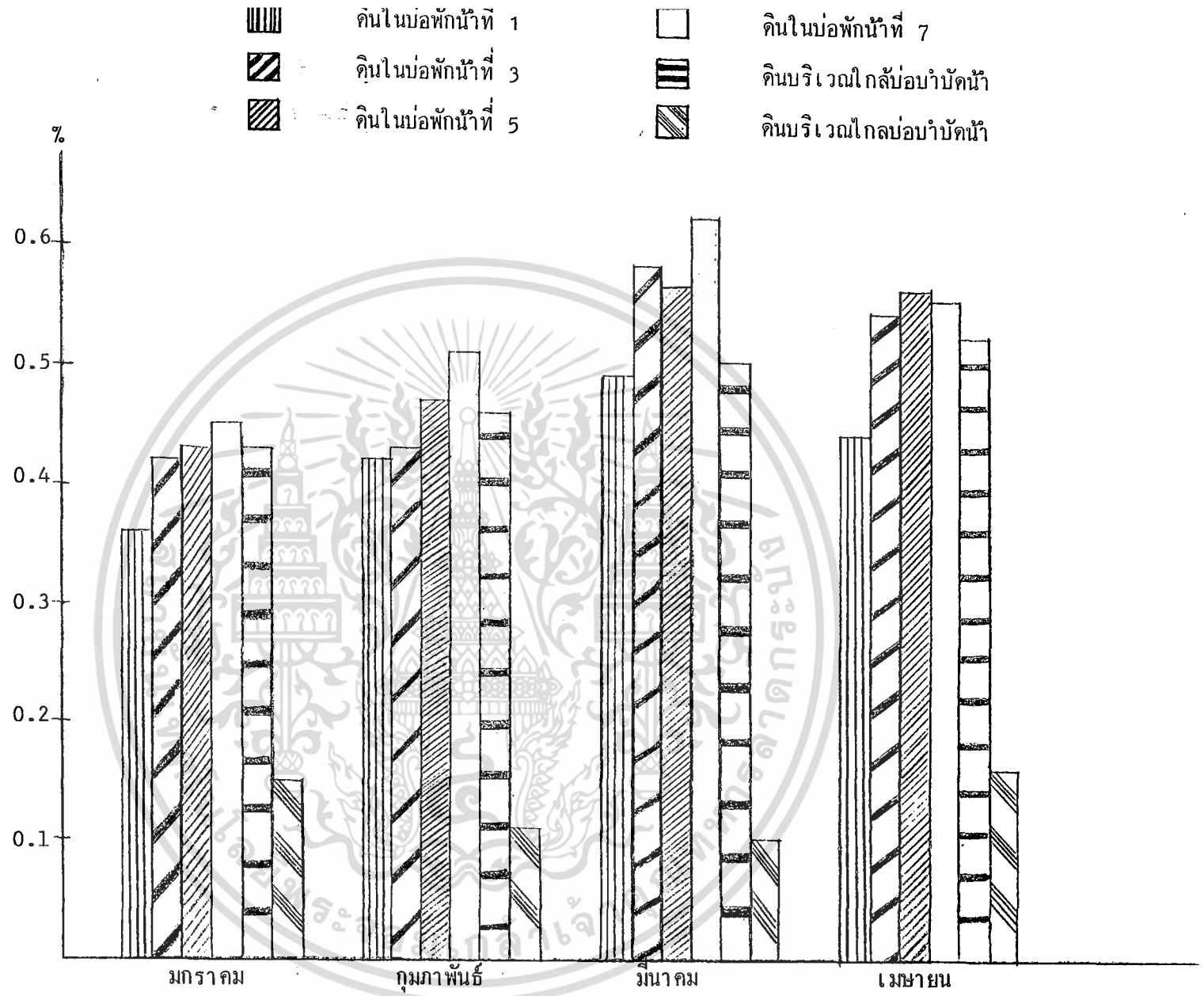
ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดิน (%)

sub plot (S)	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
ดินในบ่อน้ำที่ 1	0.360 b	0.420 b	0.490 c	0.440 c
ดินในบ่อน้ำที่ 3	0.420 a	0.437 b	0.583 ab	0.540 b
ดินในบ่อน้ำที่ 5	0.433 a	0.477 ab	0.563 b	0.617 a
ดินในบ่อน้ำที่ 7	0.453 a	0.517 a	0.627 a	0.607 a
ดินบริเวณใกล้บ่อกำจัดน้ำเสีย	0.433 a	0.463 ab	0.503 c	0.520 b
ดินบริเวณไกลบ่อกำจัดน้ำเสีย	0.167 c	0.110 c	0.103 d	0.160 d
M- Mean	0.378	0.404	0.478	0.481

L.S.D 0.5 = 0.057%

L.S.D 0.1 = 0.078%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์ในโตรเจนในดินใต้บ่อพักน้ำเสียต่างๆ ในช่วงระยะเวลาปรับปรุงน้ำเสียแต่ละเดือน

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในบ่อน้ำเสีย

จากผลการทดลองปรากฏว่าค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available Phosphorus) ในแต่ละเดือนที่ทำการกำจัดน้ำเสีย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าฟอสฟอรัสสูงสุดจะได้จากดินที่เก็บในเดือนเมษายน ซึ่งมีค่า 729.22 ppm. และต่ำสุดในเดือนมกราคม มีค่า 640.33 ppm. ส่วนค่าฟอสฟอรัสในเดือนมกราคม จะพบว่ามีความเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายๆ ของบ่อน้ำเสีย ซึ่งเป็นผลเนื่องจากการใส่สารฟอสเฟตลงไปในขั้นตอนของการบำบัดน้ำ จึงทำให้ค่า P ของดิน ในบ่อน้ำเสียๆ สูงมากขึ้น และค่า P ของเดือนกุมภาพันธ์ ก็เป็นไปทำนองเดียวกันกับเดือนมกราคม ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าจะมีค่าสูงขึ้นตอนท้ายๆ อาจมาจากการที่น้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมปล่อยออกมามีอุณหภูมิสูงมาก จนสามารถจะละลายฟอสเฟตได้ดี จึงมีการพาไปกับน้ำในรูปสารละลาย แล้วค่อยตกตะกอนในช่วงบ่อท้ายๆ จึงทำให้ค่า P สูงขึ้นในช่วงท้ายๆ ของบ่อน้ำเสีย ในเดือนมีนาคม ค่า P ก็ยังอยู่ในทำนองเดียวกันกับ 2 เดือนแรก ที่กล่าวมา และอาจให้เหตุผลในทำนองเดียวกัน ส่วนเดือนเมษายนจะพบว่าค่า P มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักในบ่อน้ำเสียต่างๆ แต่สำหรับดินบริเวณไกลจากบ่อน้ำเสียมีค่าแตกต่างกันมาก เราอาจกล่าวได้ว่า ค่า P ในเดือนเมษายน ได้มาจากขั้นตอนในการเติมสารฟอสเฟตในช่วงต้นๆ และมาจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีฟอสเฟตออกมาด้วยในปริมาณที่มาก เมื่อเย็นลงก็จะตกตะกอนก็อาจเป็นไปได้

ปฏิกิริยสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ดินบริเวณใต้บ่อน้ำเสีย พบว่า ในแต่ละเดือนค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจะพบว่า ค่าวิเคราะห์ P ในดินบ่อน้ำเสียในเดือนมกราคม และกุมภาพันธ์ จะมีค่าสูงในบริเวณบ่อที่อยู่ตอนกลางๆ มากกว่าบ่อที่อยู่ตอนแรกๆ และบ่อที่อยู่ตอนหลังๆ ส่วนในเดือนมีนาคม P ในดินของบ่อน้ำทิ้งชุดมีแนวโน้มสูงขึ้นในบ่อหลังๆ ส่วนในเดือนเมษายนกลับมีค่า P ในดินบ่อน้ำทิ้งที่อยู่ตอนแรกๆ สูงขึ้นกว่าบ่อที่อยู่ถัดๆ ไป







ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินบ่อพักน้ำ (ppm.)

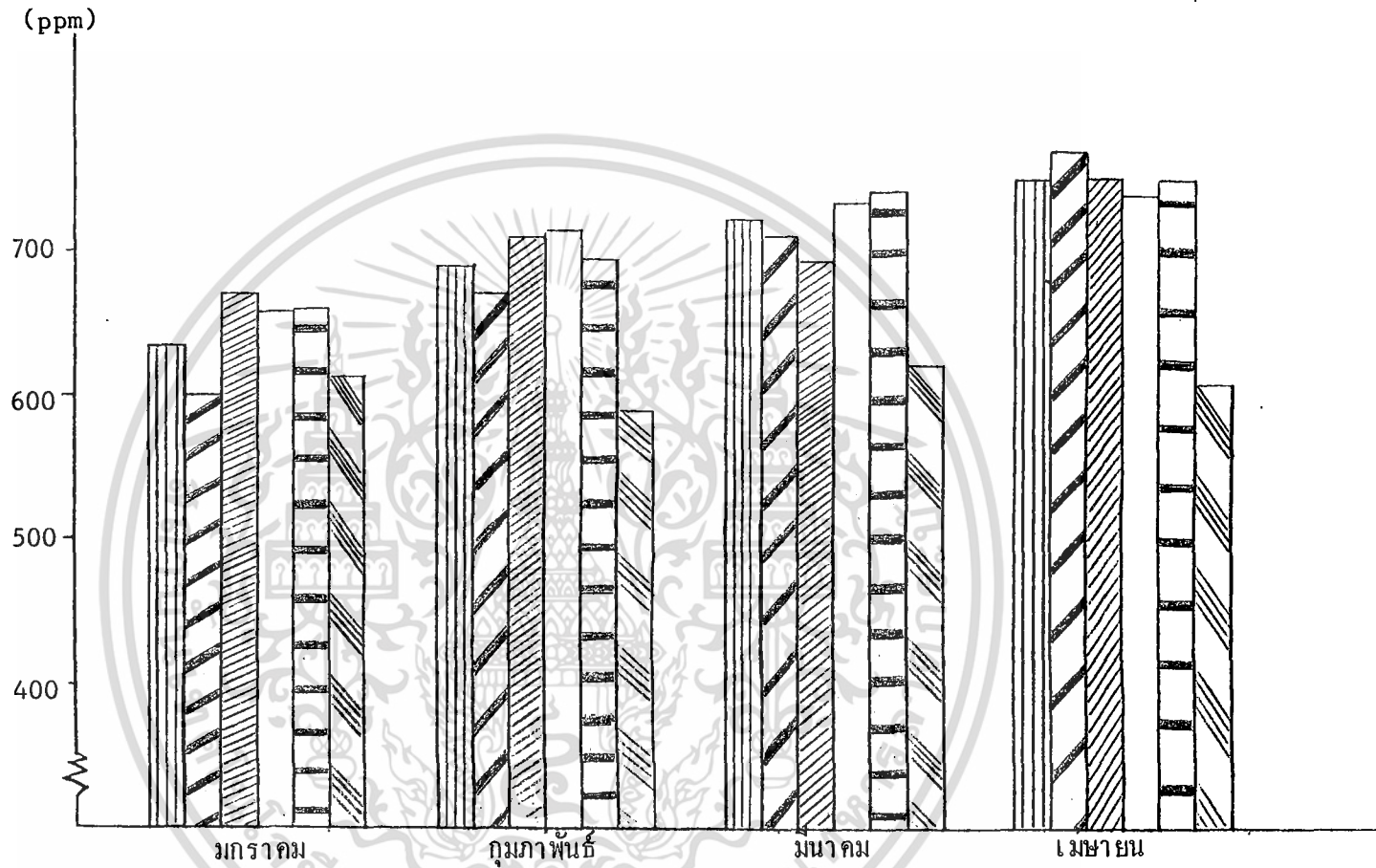
sub plot (S)	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน
ดินในบ่อพักน้ำที่ 1	635.000 b	691.333 b	723.000bc	751.333 b
ดินในบ่อพักน้ำที่ 3	601.333 c	672.333 c	711.667c	770.667 a
ดินในบ่อพักน้ำที่ 5	673.667 a	710.333 a	694.000d	753.000 b
ดินในบ่อพักน้ำที่ 7	658.333 a	715.667 a	734.000ab	740.000 b
ดินบริเวณใกล้บ่อกำจัดน้ำเสีย	660.333 a	695.000 b	743.333a	751.333 b
ดินบริเวณไกลบ่อกำจัดน้ำเสีย	613.333 c	590.333 d	622.667e	609.000 c
M- Mean	640.333	679.176	704.778	729.222

L.S.D 0.5 = 16.880%

L.S.D 0.1 = 23.455%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-  คนในบ่อพักน้ำที่ 1
-  คนในบ่อพักน้ำที่ 7
-  คนในบ่อพักน้ำที่ 3
-  คนบริเวณใกล้บ่อน้ำบาดาล
-  คนในบ่อพักน้ำที่ 5
-  คนบริเวณใกล้บ่อน้ำบาดาล



รูปที่ 5 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในบ่อพักน้ำเสียต่างๆ ในช่วงระยะเวลาปรับปรุงน้ำเสียแต่ละเดือน

สรุปผลและวิจารณ์

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า

1. ค่า pH ในแต่ละเดือน จะมีค่าค่อนข้างคงที่ แต่ในแต่ละบ่อพักน้ำของแต่ละเดือนมีค่าไม่คงที่ เนื่องจากการไหลบ่าของน้ำในช่วงต้นๆ ของการบำบัดน้ำ
2. ค่า CEC เราคือว่าค่อนข้างจะคงที่ในแต่ละเดือน แต่ระหว่างบ่อที่บำบัดแล้วกับในบ่อธรรมชาติพบว่า บ่อที่บำบัดแล้วจะมีค่า C.E.C สูงกว่า ที่เป็นเช่นนี้เพราะมีสารบางตัวที่มา กับน้ำเสีย พอบำบัดแล้วเกิดการตกตะกอน จึงให้ค่า C.E.C ที่สูงขึ้น
3. เปอร์เซ็นต์ organic matter จะพบว่า ในช่วงของเดือนบ่อท้ายๆ ที่ได้รับการบำบัดน้ำแล้วจะมีค่า % OM สูงกว่า ดินในบริเวณบ่อน้ำธรรมชาติมาก ซึ่งเกิดเนื่องจากว่าในการบำบัดน้ำนั้นกระทำติดต่อกันมาเป็นเวลาหลายๆ ปี จึงทำให้เกิดการทับถมของค่า % OM จึงทำให้ค่าของ OM จำสูงกว่าดินในบริเวณบ่อน้ำธรรมชาติมาก
4. ค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนจะพบว่า %N จะมีค่าค่อนข้างเพิ่มขึ้นในแต่ละเดือนและเมื่อเปรียบเทียบกับดินบริเวณที่มีการบำบัดน้ำเสียกับดินบริเวณบ่อน้ำธรรมชาติพบว่า %N ในบริเวณบ่อบำบัดน้ำเสียมีค่า %N สูงกว่า เนื่องจากมีการเติมยูเรียในอัตราส่วน $1 \text{ kg}/1,000 \text{ cm}^3$ จึงทำให้ค่าสูงและอาจมาจากน้ำทิ้งของ โรงงานอุตสาหกรรมที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงอยู่ด้วย
5. ค่าของ available P พบว่าในแต่ละเดือน จะมีค่าเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลจากการสะสมในแต่ละเดือนและเมื่อเปรียบเทียบกับดินในบ่อน้ำธรรมชาติแล้วพบว่าค่า available P ของดินบริเวณบ่อบำบัดน้ำเสียมีค่า available P สูงกว่า เนื่องจากมีการเติมสารฟอสเฟตเข้าไปในขั้นตอนการบำบัดน้ำด้วย

เอกสารอ้างอิง

- พนัส สินธุเทพรัตน์. 2527. สมบัติทางกายภาพของน้ำ. วิทยานิพนธ์สำหรับประกอบการศึกษาชั้นปริญญาโท. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 110 น.
- พงศ์ศักดิ์ พนาไกร. 2520. การนำน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมไปใช้ในการเกษตรกรรม วิทยานิพนธ์ประกอบการศึกษาชั้นปริญญาโท. คณะวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 420 น.
- กองอนุรักษ์ต้น. 2523. รายงานสำรวจวิเคราะห์ (ต้นน้ำ) หน่วยปรับปรุงต้นน้ำแม่กลอง กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 38 น.
- กรรณิการ์ สิริสิงห์ และกฤษณ์ เทียรประสิทธิ์. 2519. เเคมีน้ำไฮโดรค และการวิเคราะห์. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ. 280 น.
- เกษม จันทรแก้ว. 2515. อุตภวิทยาลัยน้ำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 250 น.
- เกษม จันทรแก้ว. 2521. ข้อคิดเห็นในการอนุรักษ์ขนาดพื้นที่ป่าเพื่อเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร รายงานการประชุมทางวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2519 ระหว่างวันที่ 16-17. เมษายน 2519. โรงพิมพ์ข้าวพานิช, กรุงเทพฯ. 20 น.
- จักรพงษ์ เจริญศิริ. 2520. เเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เล่ม 3). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 135 น.
- จักรพงษ์ เจริญศิริ, ประไพ ชัยโรจน์, วิศิษฐ์ ไชลิตกุล. 2529. คุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร. 90 น.
- จำเนียร ธนสีลังกูร. 2523. ผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ต่อคุณภาพน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- _____, และนิติ เรืองพานิช. 2524. คุณภาพของน้ำด้านกายภาพและเคมี ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ณ สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อม. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่ม 81. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 55 น.
- จุฑาธิป อยู่เย็น. 2523. การวิเคราะห์แบคทีเรียในน้ำจากลุ่มน้ำป่าดิบเขา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชูชาติ หุตะเจริญ. 2527. การศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำและดินตะกอนบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- รายงานประจำปีของกลุ่มโรงงานน้ำตาลผู้ใช้ รง.ป่น. 2528-2529. 2-30
- รายงานประจำปีของกลุ่มโรงงานน้ำตาลผู้ใช้ รง.ป่น. 2529-2530. 3-30
- รายงานประจำปีของกลุ่มโรงงานน้ำตาลผู้ใช้ รง.ป่น. 2530-2531. 3-30
- รายงานประจำปีของกลุ่มโรงงานน้ำตาลผู้ใช้ รง.ป่น. 2532-2533. 3-40
- รายงานประจำปีของกลุ่มโรงงานน้ำตาลผู้ใช้ รง.ป่น. 2534-2535. 2-40
- วัชรินทร์ พยัคฆชาติ. 2522. การควบคุมสุขภาพชุมชน. วารสารสุขภาพ. 5:1-6.
- วิไลศักดิ์ ชัยกิตติภรณ์. 2529. เคมีของดินและน้ำ. รายงานของโรงงานปรับปรุงคุณภาพน้ำส่วน
กลาง. กรุงเทพฯ.
- ศุภวัจ อินทะทลาบ. 2520. ดินเกลือ. วารสารสายชล 9(3) : 19-30.
- สุรีย์ สอนสมบูรณ์. 2521. สารพิษในน้ำชลประทาน. วารสารสายชล 10(30) : 25-30.
- Borman, F.H. 1969. Biotic regulation of particulate and solution loss
from a forest ecosystem. *Bio. Sci.* 19:600-610.
- Brown, J.W. and C.W. Wadleigh. 1955. Influence of sodium bicarbonate
on the growth and chlorosis of garden beets *Bot. Gaz.* 1966 (3) :
201-209.
- Chebotaev, N.P. 1962. Theory of Stream Runoff. Izdatel'stvo
Moskovskogo Universiteta. 190 p.
- Defferyes, K.S. 1965. Carbonate equilibrium. agraphic and algebraic
approach. *Limnol Oceanog* 10:412-426.
- Egborage, A.B.M. 1979. The Effect of Impoundment on the water.
Chemistry of Lak Fresh water biology 9:403-412.
- EPA. 1973. Water Quality Criteria 1972. A Report of the Committe on
Quality Criteria, Environmental Studies Broad. U.S. Government
Printing Office, Washington, D.C. 125 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Garland, J.H. 1965. Water Supply of Domestic and Industrial USES Conservation on Natural Resources. John Wiley and Sons, Inc. New York. 1252 p.
- Geological Survey Division. 1976. Geological Map of Thailand 1:250000. The Royal Thai Survey Dep., Bangkok.
- Herriksen, A. and H.M. Seip. 1980. Strong and weak acids in surface water of Southern Norway and Southern Scotland. J. Int. Ass. Water Poll. Res. 14 : 809-813.
- Hewlett, J.D. and W.L. Nutter. 1969. An Outline Forest Hydrology. Univ. Georgia Press, Georgia. 137 p.
- Hynes, H.B.C. 1970. The Ecology of Running Water. Liverpool Univ. Press, Liverpool. 365 p.
- Johnson, E.E. 1974. Water : A primer. W.H. Freeman and Co., San Francisco. 230 p.
- Lunt, O.R., H.C. Kohn and A.M. Kokranek. 1956. The effect of bicarbonate and other constituents of irrigation water on the growth of azaleas. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68:537-544.
- McInney, R.E. 1962. Microbiology of Sanitary Engineers. McGrawHill Book Co. Inc., New York. 450 p.
- Oswald, W.R. 1972. Sediment-water Interactions. J. Environ Qual. 1 : 360-366.
- Patric, R. 1972. Structure of river. River Ecology and Man Aead. Press, New York, 465 p.

- Pinayan, S. 1978. Evaluation of Environmental Change Study of Environmental Impact at Nam Pong Project Northeast Thailand. Prepare of National Energy Administration by SEATEC Consulting Enginerr. 10-19.
- Pratt. P.F. 1966. Carbonate and bicarbonate, pp. 93-97. In H.D. Chopmen (ed.). Diagnostic Crieria for plant and Soils. University of California Press, Berkilley.
- Pryde, L.T. 1973. Environmental Chemistry. An Introduction Cumming Publishing Co., California. 373 p.
- Reid, G.K. 1961. Ecology of Inland Water and estuaries. Reinhold Publishing Corporation Chapman and Hall, Ltd., New York. 405 p.
- Ruttner, F. 1953. Fundamental of Limnology. 3 d. ed., Toronto Univ. of Toronto Press, Toronto. 295 p.
- Sawyer, C.N. and P.C. McCarthy. 1967. Chemistry for Sanitary Enginerring. 2 d. ed., McGraw-Hill Book Co., New Yor. 235 p.
- Schollenbergen, C.J. and F.R. Dreibelbis. 1930. Analytical methods in base exchange investigations in soils. Soil Sci. 30:161-173.
- Stall, J.B. 1972. Effect of Sedimenton Water Quality. J. Environ. Qual. 1 : 353-360.
- Stocer, S.H. and S.L. Seager. 1976. Environmental Chemistry, Air and Water Pollution. Scott, Foreman Co., Oakland. 268 p.
- Tebbutt, T.H.Y. 1977. Principle of Water Quality Control. 2d ed. Butter and Tanner Ltd., London. 210 p.
- Todd, D.K. 1959. Ground Water Hydrology. John Wiley Sons. Inc., New York. 336 p.

- USDA. 1954. Disgnosis improvement of saline and alkalai Soils. U.S. Dept. of Agr. Salinity Lab. Staff (Handbook 60) Government Printing office, Washington, D.C. 30 p.
- Verry, S.E. 1975. Streamflow chemistry and nutrient yeilds from upland-peatland watersheds in Minnesota. *Ecology* 56:1149-1157.
- Warren, C.E. 1971. Biological and Water Pollution Control. W.B. Saunder Comp., Philadelphia. 434 p.
- Woodruff, C.M. 1948. Testing soils for line requirment by means of a buftered Solution and the glass electrode. *Soil Sci.* 66:53-63.
- Wright, R.F.T. Dale, E.T. Gyessing, G.R. Hendrey, A herrisen, M. Johannessen and I.P. Mumiz. 1976. Impact of acid precipitation on fresh water Ecosystem in Norway Water, Air and Soil Polution. 6 : 483-502.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า pH ของดิน

Source	DF	SS	MS	F
REPLICATION (r)	2	0.0024778	0.0012389	<1
main plot (m)	3	1.9529944	0.6509981	138.73**
ERROR (a)	6	0.0281556	0.0046926	
sub plot (s)	5	5.3207278	1.0641456	223.29**
mxs	15	8.0017389	0.5334493	111.29**
ERROR (b)	40	0.1906333	0.0047658	
TOTAL	71	15.4967279		

cv (a) = 0.9%, cv (b) = 0.9%

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

LSD.05 = 0.118, LSD.01 = 0.162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm)

Source	DF	SS	MS	F
REPLICATION (r)	2	881.333	440.667	3.08ns
main plot (m)	3	77946.153	25982.051	181.65**
ERROR (a)	6	858.222	143.037	
sub plot (s)	5	95782.292	19156.458	226.50**
mxs	15	30705.764	2047.051	24.20**
ERROR (b)	40	3383.111	84.578	
TOTAL	71	209556.875		

cv (a) = 1.7%, cv (b) = 1.3%

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

LSD.05 = 16.880, LSD.01 = 23.455

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการแลกเปลี่ยนของประจุภายในดิน (me/100g)

Source	DF	SS	MS	F
REPLICATION (r)	2	2.3465	1.1732	1.43ns
main plot (m)	3	65.0317	21.6772	26.48**
ERROR (a)	6	4.9188	0.8186	
sub plot (s)	5	36348.7103	7269.7421	5442.43**
mxs	15	68.1186	4.5412	3.40**
ERROR (b)	40	53.4301	1.3358	
TOTAL	71	36542.5510		

cv (a) = 1.0%, cv (b) = 1.3%

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

LSD.05 = 1.887, LSD.01 = 2.568

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (%)

Source	DF	SS	MS	F
REPLICATION (r)	2	0.00175278	0.00087639	<1
main plot (m)	3	0.14751528	0.04917176	38.58**
ERROR (a)	6	0.00764722	0.00127454	
sub plot (s)	5	1.40105694	0.28021139	268.14**
mxs	15	0.07902639	0.00526843	5.04**
ERROR (b)	40	0.04180000	0.00104500	
TOTAL	71	1.67879856		

cv (a) = 8.2%, cv (b) = 7.4%

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

LSD.05 = 0.057, LSD.01 = 0.078

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอินทรีย์วัตถุ (%)

Source	DF	SS	MS	F
REPLICATION (r)	2	0.100025	0.050012	1.50ns
main plot (m)	3	43.982142	14.660714	439.59**
ERROR (a)	6	0.200105	0.033351	
sub plot (s)	5	585.641519	117.128304	1928.96**
mxs	15	55.231410	3.682094	60.64**
ERROR (b)	40	2.428835	0.060721	
TOTAL	71	687.584050		

cv (a) = 4.1%, cv (b) = 5.6%

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

LSD.05 = 0.3992, LSD.01 = 0.5425



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้